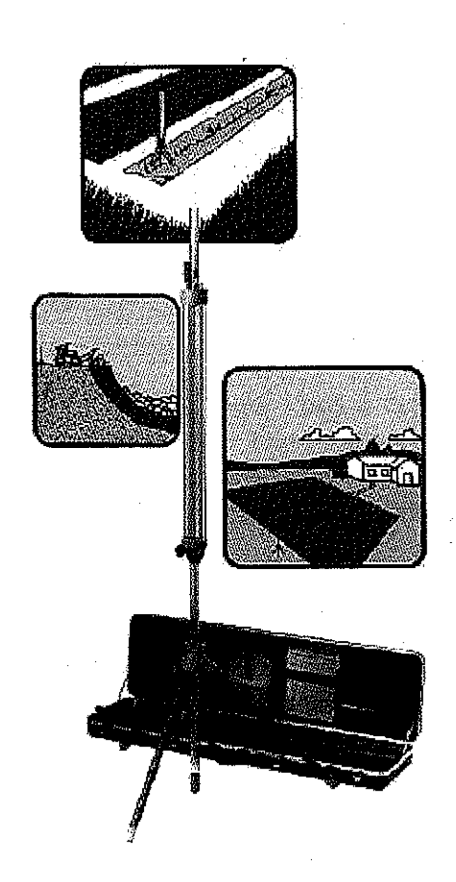


MANUEL D'UTILISATION
DU
PERMEAMETRE DE GUELPH

de SOILMOISTURE Eqt ; Corp.



17, rue Jean Monnet - Z.A. des Côtes - 78990 ELANCOURT - France
Tél. : +33 1 30 50 34 50 - Fax. : +33 1 30 50 34 49
Site Web : www.sols-mesures.com – E - mail : info@sols-mesures.com
SARL au Capital de 24 000 € - SIREN 395 241 599 000 20 - Code APE 518M - TVA FR 10 395 241 599

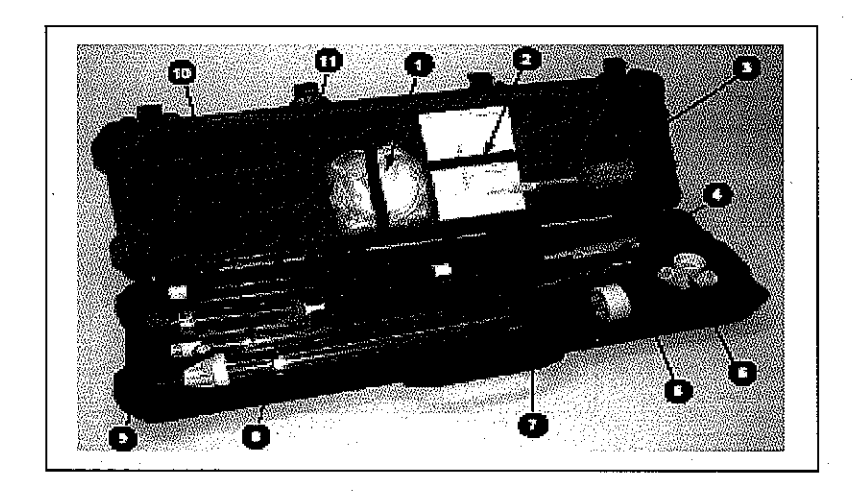
Description préalable

Le perméamètre de Guelph est un dispositif qui fonctionne à charge hydraulique constante, selon le principe du siphon de Mariotte. Son utilisation, simple et rapide, permet de mesurer simultanément sur le terrain :

- le coefficient de perméabilité de champ à saturation,
- le potentiel hydrique,
- l'absorption du sol.

Avec cet appareil, si on utilise les procédures et les calculs détaillés dans cette notice, la manipulation dure habituellement moins d'une heure.
Le perméamètre de Guelph se présente sous la forme d'un kit, facilement transportable dans son étui. Ses éléments sont en polycarbonate résistant ou en élastomère spécialement façonnés pour résister aux terrains accidentés et maintenir ainsi la fiabilité de l'appareil.

RANGEMENT DANS LA VALISE



Le perméamètre de Guelph, modèle n° 2800 K1 qui vous a été envoyé, fut minutieusement testé. Lors de l'envoi, il était complet et en parfait état. Ouvrez-le précautionneusement et assurez-vous que toutes les pièces sont fournies.
Le respect des instructions permettra d'utiliser longtemps l'instrument sans problème.

Note : à réception du colis, si l'appareil est endommagé, le faire remarquer immédiatement au livreur. Conserver l'emballage et les preuves des dégâts.
Lire attentivement toutes les instructions avant de manipuler.

DESCRIPTION DES DIFFERENTS ELEMENTS

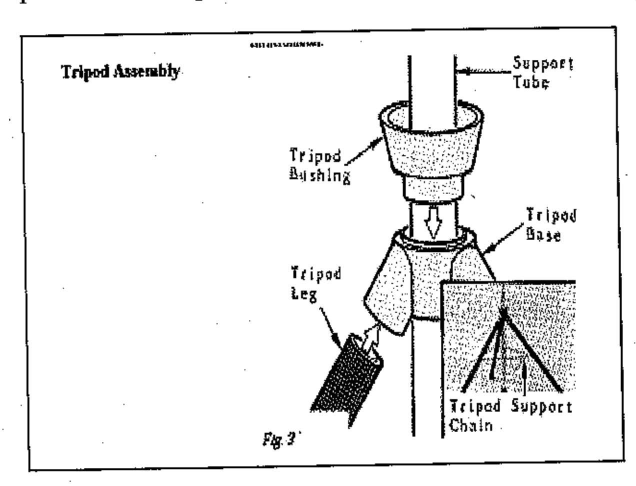
Le perméamètre est divisé en quatre parties pour permettre un rangement et un transport faciles. Ces parties sont :

Le trépied,
Le tube support et les raccords du tube à air inférieur,
Le réservoir,
Le tube gradué pour les mesures de la charge hydraulique et les raccords du tube à air supérieur.

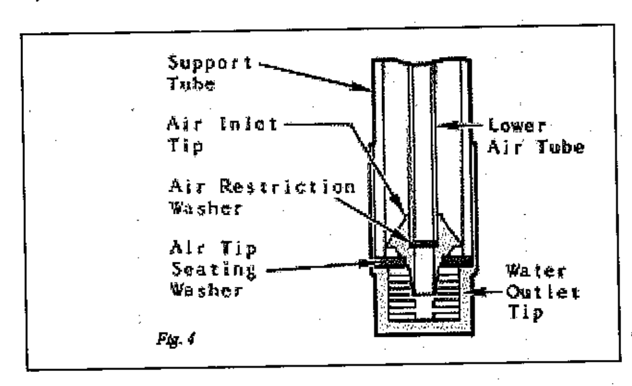
De plus, des outils auxiliaires ont été ajoutés pour faire un kit complet et facilement transportable sur le terrain grâce à son unique valise.

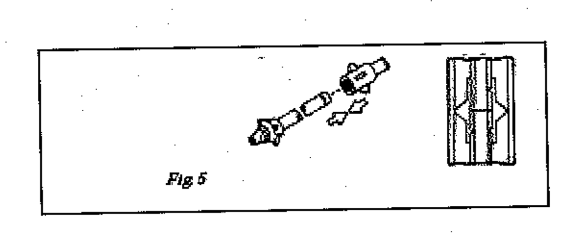
1) le trépied

Il est constitué d'une base munie d'une bague mobile et de trois pieds démontables avec embouts. La base flexible du trépied possède trois cavités dans lesquelles il faut enfiler les pieds. Après le montage et le positionnement, le trépied est consolidé par sa chaîne de soutien.



2) le tube support et les raccords du tube à air inférieur





Ce sont les raccords qui acheminent l'eau depuis le réservoir jusqu'au trou et permettent ainsi d'établir et de maintenir une charge hydraulique constante dans le puits. Le tube support maintient le réservoir au dessus du puits et conduit l'eau depuis le réservoir jusqu'à l'embout de sortie d'eau.
Cet embout, à l'extrémité du perméamètre, disperse l'énergie de l'eau sortant par ses fentes afin d'éviter que le sol ne tombe dans le puits.

Le joint où butte l'embout d'arrivée d'air est à l'intérieur de l'embout de sortie d'eau. Quand l'embout est appuyé sur ce joint, l'air ne peut pas s'introduire dans le tube support.l'eau ne s'écoule donc pas du réservoir.

L'embout d'arrivée d'air est à l'extrémité du tube à air inférieur. Il règle la charge hydraulique dans le puits. La rondelle de restriction d'air se situe dans cet embout. Elle régule la circulation de l'air et participe au maintient d'une charge hydraulique dans le puits. Le perméamètre de Guelph fait appel au principe de Mariotte pour réguler la charge. Ceci sera développé dans le paragraphe « théorie ».

Le raccord entre les tubes à air inférieur et intermédiaire possède des ailettes pour le centrer et éviter au tube de se courber dans le tube support.

3) le corps du réservoir

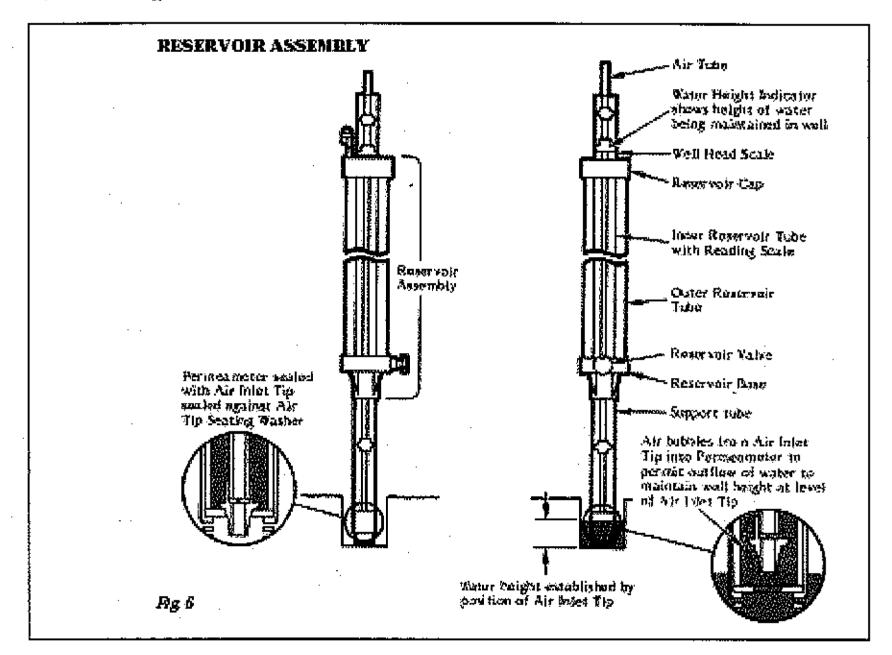


Fig 6

Le corps du réservoir permet de stocker de l'eau et de mesurer sa sortie pendant le fonctionnement du perméamètre.

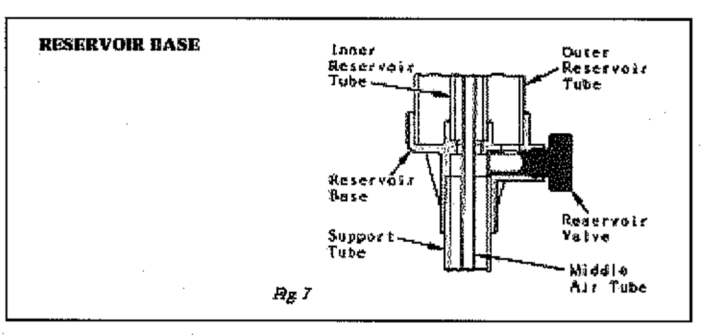


Fig 7

Pour des sols à faible perméabilité, des argiles par exemple, n'utiliser que le réservoir interne pour avoir des mesures suffisamment précises du débit.

Pour des sols de perméabilité moyenne à forte, des sables ou des terreaux bien structurés, utiliser l'ensemble du réservoir.

Le réservoir interne est gradué en centimètres pour mesurer dans les deux cas le départ d'eau. Les raccords sont aux extrémités du réservoir. Ils permettent de remplir et de sélectionner le réservoir adéquat.

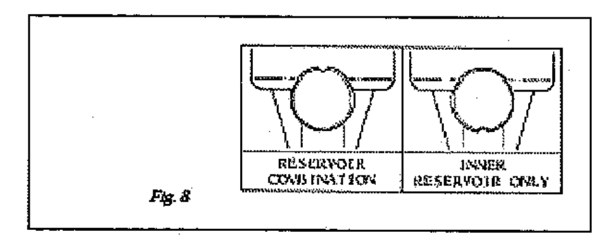
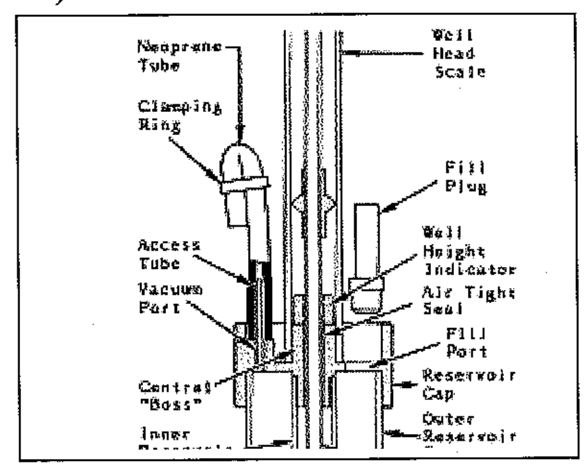


Fig. 8

Dans la figure 6 ci-dessus, la mesure est faite avec les 2 réservoirs.
A gauche, le perméamètre est « fermé » : l'embout d'arrivée d'air est collé contre le joint.
A droite, grâce à l'élévation du tube à air entraînant celle de l'embout d'arrivée d'air et de la charge hydraulique, l'eau s'écoule depuis le réservoir jusqu'au puits en passant par le tube support et l'embout de sortie d'eau.
La charge de l'eau dans le puits est en relation avec la position de l'embout d'arrivée d'air. Elle est indiquée par le témoin de charge hydraulique sur le tube gradué. La base du réservoir comprend une vanne : elle relie les réservoirs interne et externe au tube support. Pendant l'utilisation, la vanne du réservoir avec une petite encoche règle l'écoulement de l'eau. Quand l'encoche est vers le bas, seul le réservoir interne fonctionne. (fig 8)

4) le couvercle du réservoir



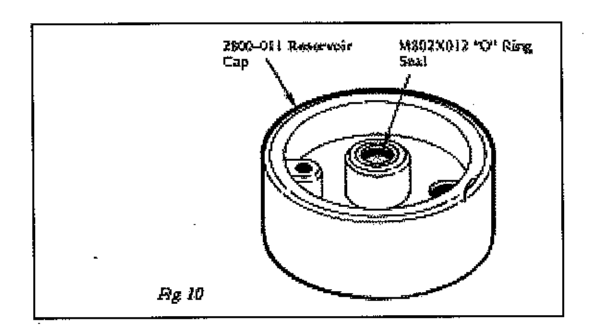
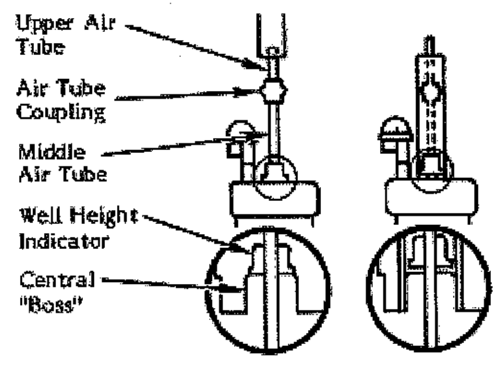


Fig 10

Le sommet du réservoir contient un orifice fermé par un bouchon et une connexion avec le tube de vidange. Le réservoir est fermé par un couvercle étanche avec un emplacement pour le tube à air et un bourrelet pour fixer le tube gradué. Le tube à air intermédiaire traverse le réservoir interne mais l'étanchéité est assurée. Le témoin de la charge hydraulique est mobile autour du tube à air intermédiaire au dessus du réservoir et indique la charge maintenue dans le puits sur le tube gradué. Le couvercle du réservoir est doté de deux orifices. L'orifice de remplissage et celui pour le tube de vidange. Ce dernier est composé d'un tube d'accès, d'un tube en néoprène et d'un collier de serrage. Le tube de vidange facilite la création d'une dépression quand les réservoirs, au début, ne sont pas complètement remplis. Après avoir créer la dépression, le tube en néoprène est recourbé et fermé par le collier de serrage.

5) le tube gradué et les raccords du tube à air



Le tube à air supérieur est relié au tube intermédiaire au moyen d'un raccord. Il sert d'extension pour faciliter la lise en place de la charge hydraulique après l'installation du tube gradué. Ce dernier est numéroté en centimètres et possède une encoche tous les millimètres. Le tube gradué est maintenu par sa base et s'emboîte parfaitement sur le bourrelet central du couvercle du réservoir.

Une fois que, à la base du perméamètre, l'embout d'arrivée d'air est appuyé sur son joint, faire glisser le témoin de la charge hydraulique jusqu'au couvercle. Ensuite, installer le tube gradué. Tirer alors le tube à air vers le haut en entraînant le témoin de charge à la hauteur voulue. La charge est lue sur le tube gradué.

6) les outils auxiliaires

Le kit du perméamètre de Guelph comprend une tarière à sol pour creuser le trou, une tarière de finition, une brosse et un conténaire souple pour amener l'eau sur le lieur d'utilisation.
La brosse permet d'enlever du trou les débris du taraudage. En effet, ces derniers pourraient empêcher l'écoulement naturel de l'eau dans le sol au voisinage du forage.
La tarière à sol, celle pour la finition et la brosse sont toutes équipées d'une goupille à fermeture rapide afin de les monter sur leur manche commun.

ORDRE DE GRANDEUR DES UNITES

- diamètre de la tarière : 60mm
- charge hydraulique dans le forage : de 2.5 à 25cm
- conductivité hydraulique mesurable : 10^{-4} à 10^{-8} m/sec ou 10^{-2} à 10^{-6} cm/sec
- capacité du conténaire souple : 3,79 litres (1 gallon)
- capacité maximum du conténaire : 3,18 litres
- dimensions de la valise (L x l x h) : 118 x 37 x 15 cm
- poids de la valise : 14 kg

note :avec un prolongateur, la profondeur du forage peut être augmentée.

RESPONSABILITE DES ERREURS DE MANIPULATION

SoilMoisture Corp. N'est pas responsable des dégradations 'directes ou induites) ni des mauvaises utilisations de l'appareil. Le perméamètre de Guelph doit être utilisé comme il faut, par un manipulateur attentif et dans les domaines pour lesquels il a été créé.

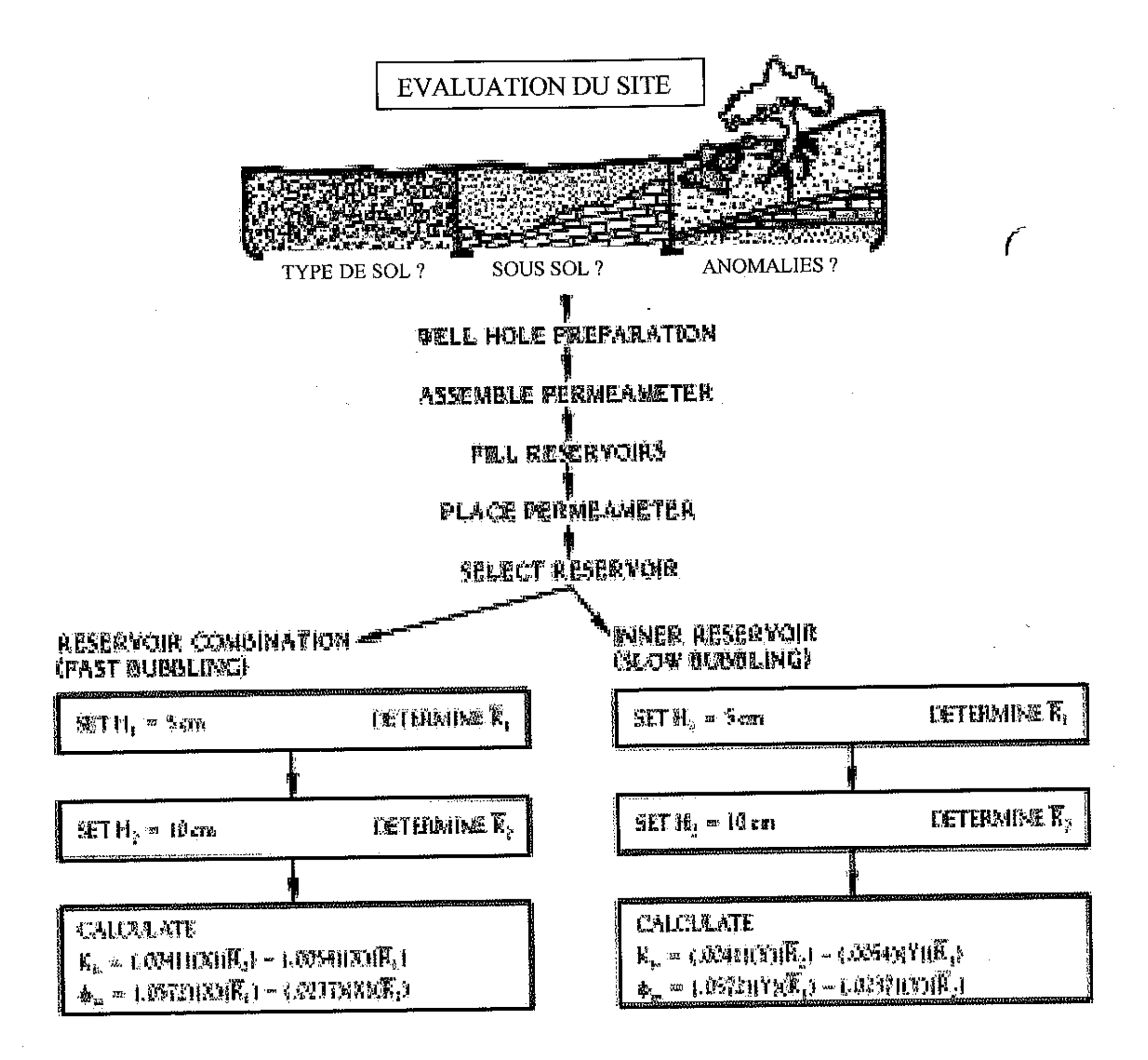
CONDITIONS PREALABLES A LA PREMIERE UTILISATION

Le perméamètre de Guelph se présente comme un kit de terrain complet avec tout l'équipement nécessaire pour déterminer les coefficients de perméabilité et d'absorption ainsi que de potentiel hydrique.

Il est fortement recommandé à l'utilisateur de lire attentivement ce manuel, de se familiariser avec la procédure d'utilisation, les calculs standardisés et le montage de l'instrument avant de commencer les mesures sur le terrain.

Bien que peu d'eau soit nécessaire pendant la campagne de mesure, il faut s'assurer que l'on aura suffisamment d'eau pour toute la série de mesures.

ALGORITHME DE LA PROCEDURE D'UTILISATION DU PERMEAMETRE DE GUELPH VALABLE DANS TOUS LES CAS



Lexique des notations utilisées :

- H1 : première charge hydraulique appliquée dans le forage
- H2 : deuxième charge hydraulique appliquée dans le forage
- R1 barre : taux d'écoulement d'eau en régime permanent quand on impose H1
- R2 barre : taux d'écoulement d'eau en régime permanent quand on impose H2
- X : aire de la section des 2 réservoirs
- Y : aire de la section du réservoir interne
- Kfs : coefficient de perméabilité à saturation en cm/sec)
- ϕm : potentiel hydrique (en cm²/sec)

Les procédures et notations utilisées ci-dessus sont détaillées dans les pages suivantes.

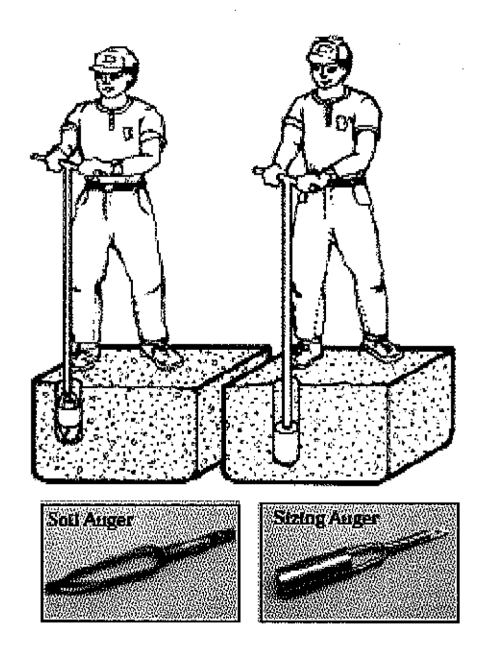
PROCEDURE D'UTILISATION DU PERMEAMETRE SUR LE TERRAIN

Avant de faire des mesures, il est nécessaire de caractériser le site et la nature du sol, de creuser le trou, de monter l'appareil, de remplir les réservoirs et de placer le perméamètre dans le forage.

1) EVALUATION DU SITE ET DU SOL

E, arrivant sur le site de mesure, l'utilisateur doit évaluer le terrain en fonction de la topographie, de l'aspect du sol et des caractéristiques qui le concernent, puis doit choisir le nombre de points de mesure et leur localisation pour que l'étude soit représentative du site.

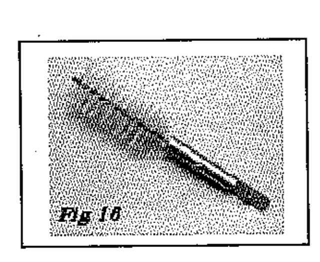
2) PREPARATION DU PUITS

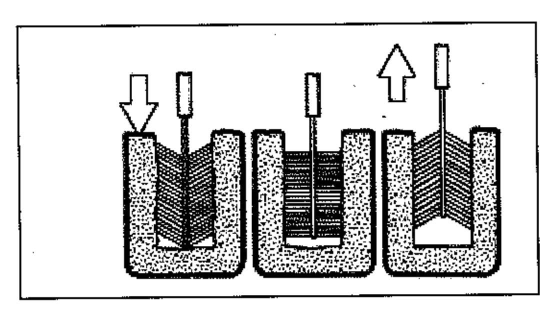


Les pièces nécessaires à la réalisation du trou sont comprises dans le kit du perméamètre. Elles comprennent un manche en 2 parties et 3 outils auxiliaires qui se fixent au manche via une goupille à fermeture rapide.
La tarière de type « Riverside » est utilisée dans le cas de sols caillouteux ou comportant de gros éléments.
Le forage s'effectue en tournant le manche dans le sens des aiguilles d'une montre tout en appuyant vers le bas. Lorsque la tarière est pleine, la sortir du trou et la retourner pour la vider. En creusant, veiller à maintenir le manche toujours bien vertical pour éviter un élargissement du trou.
La tarière de calibrage est un outil de finition utilisé pour obtenir un trou bien dimensionné (régulier et symétrique) et vide de débris. Cet outil produit un trou de diamètre 6cm sur toute sa hauteur, avec un fond plat.
Généralement, la procédure la plus avantageuse est d'utiliser la première tarière pour creuser le puits jusqu'à une profondeur de 15cm inférieur à celle finale. Pour les 15 derniers centimètres, on utilisera la tarière de fond de trou pour nettoyer et calibrer le forage aux dimensions finales.
Dans les sols pierreux, il peut être nécessaire d'utiliser la tarière à sol pour l'ensemble du trou. La tarière de fond de trou est alors utilisée uniquement pour dégager les débris à la profondeur finale.
Au contraire, lorsque le sol le permet (texture moyenne sans pierres), le trou peut être commencé à la tarière à sol sur une faible profondeur mais terminé complètement avec la tarière de calibrage.

L'évaluation du site et du sol se fait progressivement, la texture du sol et la stratification doivent être observées en creusant le puits. Ces observations seront notées car elles sont importantes pour les mesures et les propriétés hydrauliques du sol.

Pour les sols humides ou les sols de texture moyenne à fine, la création du puits peut entraîner la formation d'une fine couche sur les parois du puits qui bloquerait le flux naturel d'eau vers le sol environnant. Afin d'obtenir des résultats valables et représentatifs, il faut enlever cette fine couche. La brosse est fournie à cet effet ! Elle est aussi faite pour un trou standardisé de diamètre 6cm et est un peu plus large pour bien racler et griffer les parois.


Fig 16

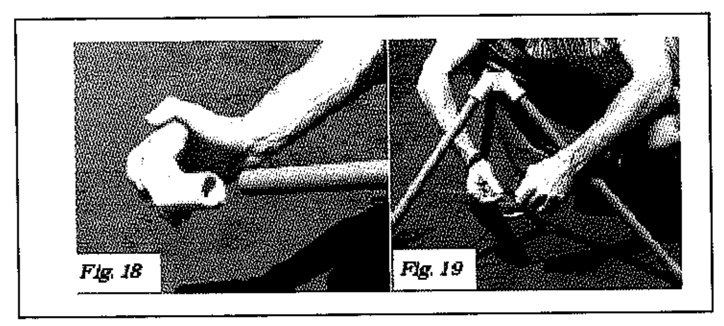


Lorsque la brosse est introduite dans le trou, griffer les parois en la retirant sans à-coups. Cette opération ne doit pas être renouvelée plus d'une à deux fois pour ne pas creuser et élargir le forage. Typiquement, plus le sol est humide et plus il est difficile d'enlever cette fine couche. Il est recommandé de ne pas faire le puits si le sol est vraiment trop humide.

3) MONTAGE DU PERMEAMETRE

L'instrument est livré en pièces détachées dans sa valise pour être facilement transportable sur le terrain. Le montage est simple et rapide :

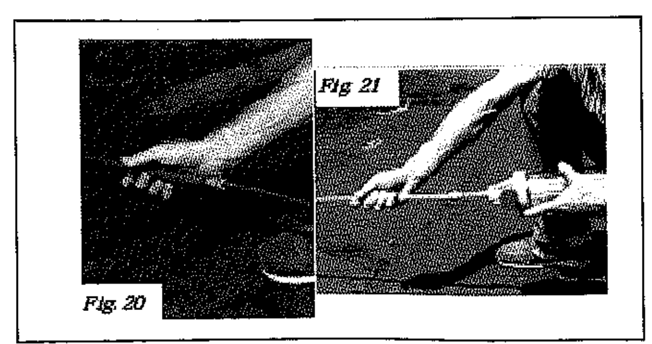
a. Etape 1


Fig. 18 Fig. 19

Monter le trépied en enfonçant les pieds dans la base de caoutchouc puis enfiler la chaîne dans les orifices percés dans les pieds et la boucler grâce au crochet en « S ».

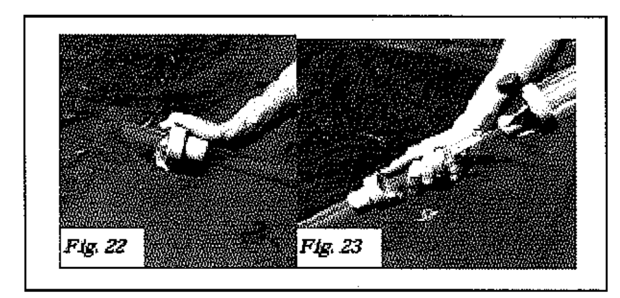
Si vous travaillez sur un terrain en pente, la flexibilité de la base du trépied permet de bien caler les pieds. Dans de tels cas, changer la longueur de la chaîne en fixant le crochet sur un autre maillon.

b. Etape 2


Fig 21 Fig 20

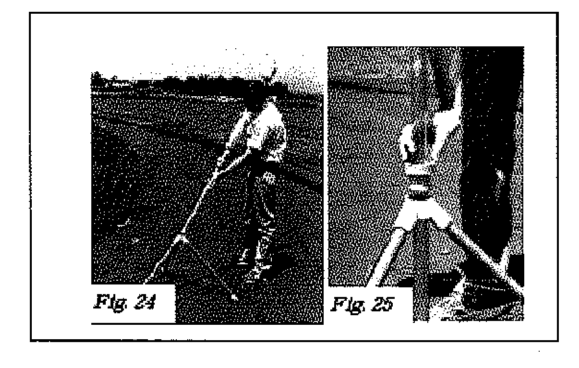
Sortir le réservoir et le tube à air inférieur de la valise. Le tube à air inférieur est logé dans le tube support. Relier le tube à air inférieur au tube intermédiaire grâce au raccord situé à la base du réservoir, comme le montre la figure.
Pousser fortement le tube à air inférieur dans le raccord jusqu'à ce que le bourrelet à l'intérieur du raccord butte dans la rainure du tube.

c. Etape 3


Fig. 22 Fig. 23

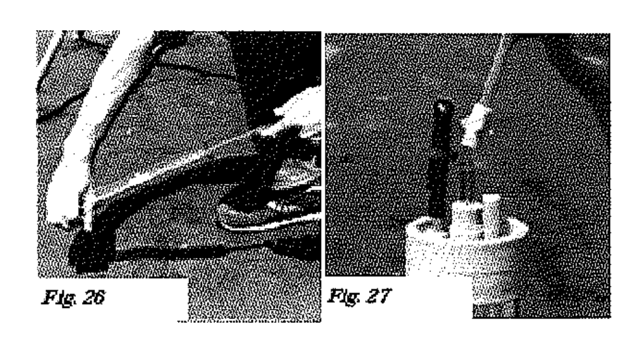
Sortir la bague du trépied et le tube support de la valise. Enfiler le tube support dans la bague dont la partie large doit être orientée vers le haut. Alors, enfiler le tube à air dans le tube support et le poisser fermement dans le renfoncement de la base du réservoir. Il s'agit ici d'un raccordement étanche mais qui nécessite de forcer sur le tube support. Il est important que ce dernier soit complètement enfoncé dans la base du réservoir.

d. Etape 4


Fig. 24 Fig. 25

Le tube support peut alors être placé dans le trépied. Pour soutenir et stabiliser le perméamètre, descendre la bague dans la base du trépied !

e. Etape 5


Fig. 26 Fig. 27

Il reste dans la valise le tube à air supérieur situé dans le tube gradué. Avant de relier le tube à air supérieur à celui intermédiaire, il convient de s'assurer que l'indicateur de pression (=niveau d'eau) est en place.les 2 tubes sont alors reliés au moyen d'un raccord. Là encore, pendant cette opération, vérifier que les ailettes à l'intérieur du raccord coïncident avec les rainures aux extrémités des tubes à air.

f. Etape 6

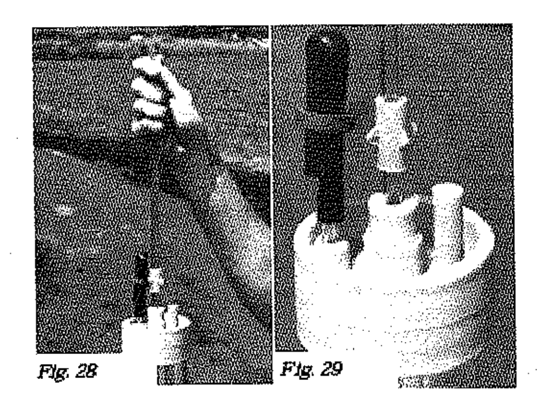


Fig. 28 Fig. 29

Appuyer l'embout d'arrivée d'air contre son joint en poussant sur le tube à air supérieur comme sur la figure. Positionner ensuite le témoin de charge hydraulique du puits contre le couvercle du réservoir.

g. Etape 7

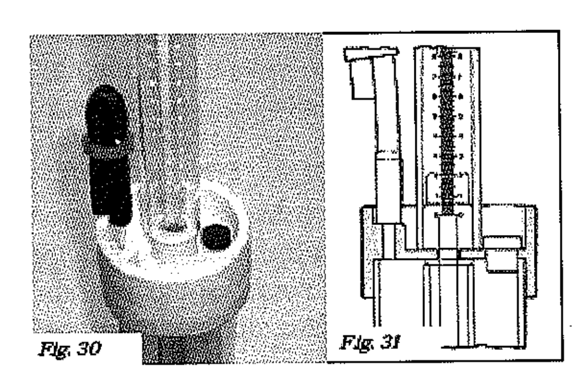


Fig. 30 Fig. 31

Faire glisser le tube gradué le long du tube à air supérieur et l'emboîter complètement sur le couvercle du réservoir. Le témoin de charge hydraulique, dans le tube gradué s'adapte parfaitement sur le bourrelet central du couvercle du réservoir.
La marque « MM » en haut de l'échelle doit être orienté vers le haut. Quand le tube gradué est installé, le zéro de l'échelle de la charge hydraulique dans le puits est 5mm sous le bord supérieur du couvercle du réservoir et la base du témoin de charge est à 5mm sur cette échelle.

4) REMPLISSAGE EN EAU

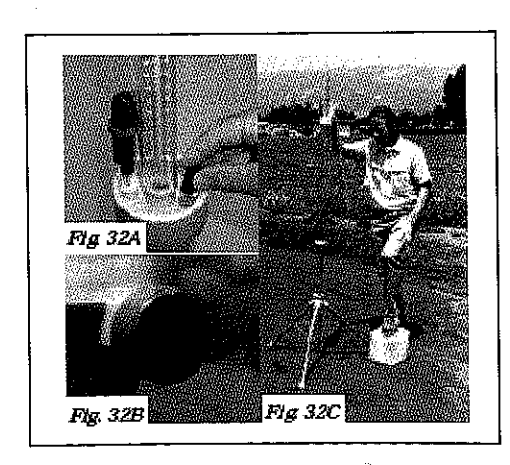
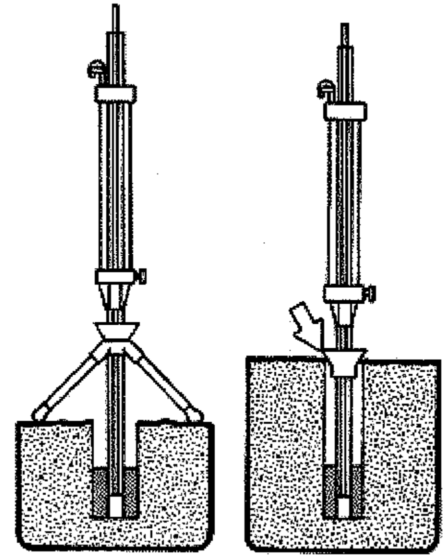


Fig 32A Fig. 32B Fig 32C

Quand le perméamètre est monté et installé sur le trépied, il se remplit facilement d'eau : enlever le bouchon de l'orifice de remplissage, sur le couvercle du réservoir et positionner la vanne pour que l'encoche soit à 12heures. Les réservoirs interne et externe sont maintenant connectés et prêts à être remplis. Verser l'eau dans la partie déprimée du couvercle du réservoir. Relier le tuyau flexible au conténaire d'eau et appuyer avec le pied pour envoyer l'eau dans le perméamètre. Le renfoncement du couvercle du réservoir évite à l'eau d'éclabousser et de couler vers l'extérieur.

Il est important de remplir le réservoir jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de bulle d'air dans l'élément que l'on rempli. Quand la quantité d'eau disponible est limitée et que le réservoir ne peut pas être rempli complètement, suivre la procédure intitulée « faire des mesures avec un approvisionnement en eau limité ».
Une fois le perméamètre rempli, replacer le bouchon et fermer ainsi l'orifice de remplissage. De plus, il est nécessaire de s'assurer que le tube de vidange en néoprène est replié et fermé avec le collier de serrage.

5) MISE EN PLACE DU PERMEAMETRE



Il suffit de bien centrer le trépied au dessus du forage et de descendre lentement le perméamètre de sorte que le tube support entre dans le trou.
Veiller à ne pas faire tomber de débris des côtés du puits dans le fond. La souplesse de la base du trépied permet d'adapter l'angle entre les pieds en fonction de la pente du terrain. Le trépied est utilisé pour des forages d'environ 38cm de profondeur. La chaîne de soutien peut être rallongée autant qu'il est nécessaire d'incliner les pieds.
Si le puits est plus profond que 38 cm, la bague du trépied permet à elle seule de centrer et de stabiliser le perméamètre. Enlever la bague de sa position sur le trépied et descendre la bague jusqu'au bord du trou. Bloquer cette bague en l'appuyant fermement sur le sol.

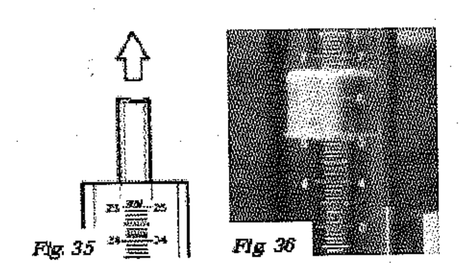
LA PRISE DE MESURES

S'assurer que la quantité d'eau disponible est suffisante pour effectuer le nombre de mesures nécessaire pour caractériser le champ d'investigation.

Etape 1 : état du perméamètre

Vérifier que les deux réservoirs sont connectés, c'est-à-dire que l'encoche sur la vanne doit être vers le haut.
Il est important aussi de vérifier que le témoin de charge hydraulique et le tube gradué sont en appuie sur le couvercle du réservoir.
De plus, l'orifice de remplissage du réservoir doit être fermé et le tube de vidange bouché grâce au collier de serrage.

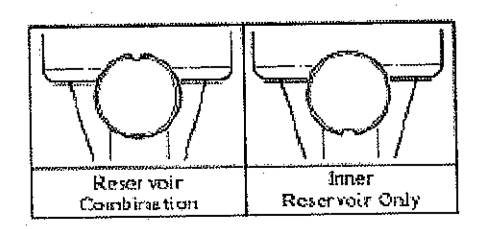
Etape 2 : établissement d'une charge hydraulique de 5cm dans le forage (H1)


Fig 35 Fig 36

Doucement, tirer l'embout d'arrivée d'air par l'intermédiaire du tube à air supérieur pour établir la première charge hydraulique. Le fait de lever trop brusquement le tube à air pourrait entraîner des turbulences et une érosion dans le forage. Cela causerait un « trop plein » temporaire dans le puits. Lever le tube à air jusqu'à ce que la charge au niveau du puits soit de 5cm sur le tube gradué.

Etape 3 : sélection du réservoir approprié

Observer le taux de chute d'eau dans le réservoir. S'il est trop lent pour lire facilement la baisse du niveau entre deux mesures consécutives, généralement à 2 minutes d'intervalle, tourner alors la valve de sorte que l'encoche soit orientée à 6 heures. L'eau ne va alors s'écouler qu'à partir du réservoir interne de petit diamètre, ce qui va occasionner une chute plus importante du niveau d'eau entre 2 mesures.une fois que le réservoir adéquat est choisi, ne plus tourner la valve du réservoir!



Etape 4 : mesure de l'écoulement de l'eau pour la première charge hydraulique

L'écoulement de l'eau est indiqué par le taux de chute du niveau d'eau dans le réservoir.
Lire et noter le niveau d'eau sur les graduations du réservoir interne. Les mesures doivent être faites à des intervalles de temps réguliers.dans la procédure standardisée, l'intervalle proposé est de deux minutes. La différence entre deux mesures consécutives divisée par la durée de l'intervalle est le taux d'écoulement de l'eau dans le forage. (R)

Avec des sols argileux, il peut arriver que le taux d'écoulement soit si faible qu'un intervalle de 2 minutes ne soit pas suffisant pour détecter un changement notable du niveau de l'eau. Dans ce cas, un intervalle plus long est mieux approprié : exemple 15 minutes ou plus.

Dans d'autres cas où l'écoulement d'eau est très rapide, comme dans un sable, un intervalle de l'ordre de 15 secondes est plus approprié. Le calcul de R est alors fait avec cette nouvelle durée d'intervalle.

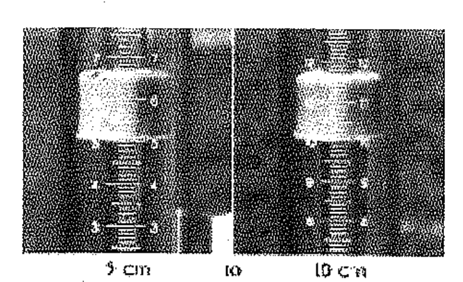
Exemple : temps t0 : niveau d'eau à 5,9cm sur l'échelle du réservoir interne.
Temps t= 2 min : le niveau d'eau est à 6,5 cm
Le taux d'écoulement (débit) est donc de : R = (6,5cm – 5,9cm) / (2min x 60sec)
R = 0,005cm/sec

Continuer à relever le taux d'écoulement jusqu'à ce qu'il ne varie plus de façon significative pendant 3 intervalles de temps consécutifs.

Ce taux est appelé R1 et est défini comme le taux d'écoulement de l'eau à régime constant, sous une charge H1. Dans la procédure standardisée, H1, première charge hydraulique établie, est toujours égale à 5cm.

Pour des sols très argileux où la conductivité est très faible, le perméamètre peut être laissé sur place pour réaliser d'autres travaux. Dans ce cas, des mesures périodiques peuvent être faites à des intervalles qui n'interrompent pas les autres activités, jusqu'à ce que le taux d'écoulement atteigne une valeur stable.
Une fois cette première mesure effectuée : ne pas bouger l'instrument de place et passer à l'étape 5.

Etape 5 : établissement de la deuxième charge hydraulique H2 (10cm en procédure standardisée)



Tirer doucement l'embout d'arrivée d'air afin d'établir la seconde charge hydraulique, soit 10cm. Lever le tube à air jusqu'à ce que la charge au niveau du puits soit de 10cm. Cette charge est indiquée par la base témoin sur l'échelle du tube gradué.

Etape 6 : mesure de l'écoulement de l'eau pour la deuxième charge hydraulique H2

Comme pour l'étape 4, relever le taux d'écoulement R jusqu'à atteindre une valeur constante. Ce taux est alors appelé R2 à régime constant sous la charge H2.
La conductivité hydraulique à saturation Kfs et le potentiel hydrique Φm peuvent alors être calculés en utilisant les équations données par le constructeur (dans le cas de la procédure standardisée).
Quand l'ensemble des réservoirs est utilisé pour approvisionner le puits en eau, utiliser les équations 1 et 2. Quand seulement le réservoir interne est utilisé, employer les équations 3 et 4. Il est fondamental de prendre les bonnes équations pour ces calculs car chacune d'elles utilise des constantes correspondant à l'aire transversale du réservoir choisi.

LES CALCULS STANDARDISES

CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE ET POTENTIEL HYDRIQUE

Utilisation des 2 réservoirs :
Equation 1 : **Kfs (cm/sec) = (0.0041) (X) (R2) – (0.0054) (X) (R1)**
Equation 2 : **Φm (cm^2/sec) = (0.0572) (X) (R1) – (0.0237) (X) (R2)**

Utilisation du réservoir interne seul :
Equation 3 : **Kfs = (0.0041) (Y) (R2) – (0.0054) (Y) (R1)**
Equation 4 : **Φm = (0.0572) (Y) (R1) – (0.0237) (Y) (R2)**

X : constante caractérisant les 2 réservoirs
Y : constante caractérisant le réservoir interne

Note : ces constantes sont indiquées sur la vanne du réservoir sur le perméamètre.

L'ABSORPTION

Quand le volume d'eau contenu dans le sol peut être estimé assez précisément, la capacité d'absorption du sol S est calculée comme suit :

S ($cm.sec^{-1/2}$)= $\sqrt{}$ (2 x $\Delta\theta$ x Φm)
Où
$\Delta\theta$ (en $cm^3.cm^{-3}$) = θ fs - θi
θi = volume d'eau initial dans le sol (teneur en eau $cm^3.cm^{-3}$)
θ fs= volume d'eau dans le sol à saturation (teneur en eau $cm^3.cm^{-3}$)

LA CONSTANTE ALPHA

Alpha est une constante qui dépend de la porosité. Elle est calculée comme suit :
α (cm^{-1})= Kfs / Φm

LES RESULTATS NEGATIFS (non - réalistes)

Les résultats de mesures avec le perméamètre de Guelph peuvent indiquer des hétérogénéités dans le sol. Quand on calcul un Kfs et / ou un Φm négatif, cela indique la présence d'une discontinuité hydrologique, typiquement due à la stratification du sol ou à la présence de rongeurs et/ou de galeries créées par des racines. Cela souligne l'importance d'une bonne description du profil du sol. Lorsqu'une valeur négative de Kfs ou de Φm est obtenue, plusieurs mesures sont nécessaires pour préciser le degré et le genre d'hétérogénéité.

RELEVE DES DONNEES DE TERRAIN

INFORMATIONS SUR LE SITE / page 1

DATE : ______________________________ Manipulateur : ________________________

Localisation du site : ________________________________

Type de sols : ______________________________________

Carte du terrain et description du profil du sol :
(épaisseur des horizons, texture, structure, couleur etc..)

Conditions spéciales du sol :

____

____

____

Notes et commentaires (topographie, pente, végétation…) :

____

____

____

____

RELEVE DES DONNEES DE TERRAIN

PROCEDURE STANDARDISEE POUR LES MESURES ET LES CALCULS / page 2

DATE : ______________________ Manipulateur : ____________________

Constantes caractéristiques du réservoir (cf inscriptions sur le perméamètre)

Ensemble des réservoirs X = 35,39 cm²
Y = 2,14 cm²

Profondeur du puits : ____

Note : pour la procédure standardisée, le rayon du puits de forage est de 3cm.

Premier ensemble de mesures avec la charge hydraulique dans le puits H1 fixée à 5 cm.

R, le taux d'écoulement en régime constant, est atteint quand R est identique pour 3 mesures consécutives.

MESURES DANS UN PUITS PROFOND

Des raccords et des prolongateurs sont adaptables sur le tube support, le tube à air et les tarières. Avec des prolongateurs, le Guelph peut théoriquement être utilisé jusqu'à des profondeurs de 6m, en réalité, il est recommandé de n'utiliser que 2 prolongateurs au maximum pour des raisons pratiques !

La procédure de mesure est fondamentalement la même que dans le cas sans prolongateurs. Les différences ne concernent que la phase de préparation, à savoir monter le ou les prolongateurs sur le tube support et le tube à air avant de les associer à la base du réservoir.

Assembler le premier prolongateur et le tube à air inférieur au moyen d'un raccord.
Faire glisser les tubes à air réunis dans le tube support et s'assurer que l'embout d'arrivée d'air est en appui sur son joint.
Faire glisser ensuite le prolongateur du tube support le long du tube à air et le connecter. Toujours monter les rallonges du tube à air en premier avant les rallonges du tube support.
Enfiler le trépied muni de sa bague le long du dernier prolongateur ajouté. Si la base du réservoir ne dépasse pas le sol de 38 cm, ne pas utiliser le trépied mais seulement sa bague en la plaçant au centre du trou. Cet emploi de la bague est plus détaillé dans le paragraphe 4) « remplissage en eau ».
Le remplissage du réservoir est lui aussi décrit précédemment. Dans le cas de mesures en profondeur, une dépression initiale doit être créée dans le réservoir avant de mettre en place la charge hydraulique. Voir le paragraphe « mesures avec de faibles quantités d'eau » pour plus de détails.
Suivre ensuite la procédure de mesure classique.

MESURES AVEC DE FAIBLES QUANTITES D'EAU

Lorsque l'on ne dispose pas d'assez d'eau pour remplir complètement le perméamètre, des mesures sont réalisables mais il faut suivre des procédures supplémentaires.
Afin d'éviter que toute l'eau ne s'écoule dans le puits pendant le réglage de la charge hydraulique et pour permettre un bon déroulement de la manipulation, un dépression initiale doit être créée dans la zone d'air au dessus du réservoir.
Après s'être assuré que l'embout d'arrivée d'air est bien appuyé sur le joint étanche, enlever le collier de serrage et connecter la pompe à vide manuelle au tube de vidange situé au sommet du réservoir. Créer un dépression de 20 centibars.
Recourber le tube de vidange alors que le pompe manuelle est encore attachée et le fermer grâce au collier de serrage. Ranger la pompe à vide et continuer en utilisant la procédure décrite à l'étape 2.

Pour l'emploi du perméamètre en profondeur, il faut augmenter la dépression de 10 centibars par prolongateur de 80cm (ref 2800K2).

UTILISATIONS ET APPLICATIONS

Le perméamètre de Guelph est utilisable partout où l'état du sol permet de creuser un trou. Ce manuel présente une méthode standardisée de détermination de la conductivité hydraulique de champs à saturation, le potentiel hydrique et la capacité d'absorption du sol.

Grâce au perfectionnement technique du perméamètre de Guelph et à l'analyse poussée de la théorie, cet appareil est idéal dans les domaines suivants :

- les systèmes d'irrigations
- le drainage
- les canaux

- les réservoirs
- l'assainissement
- les stations d'épuration
- les zones d'absorption
- les risques de contamination par stockage des déchets
- les fosses septiques
- la surveillance et l'étude des sols et des conditions hydrologiques

Quelques exemples :

1) REALISATION DE PROFILS

Dans la plupart des cas, la transmissivité des sols varie avec la profondeur. Le Guelph peut servir à mesurer les variations des propriétés hydrauliques des sols en fonction de la profondeur. Pour ce type d'utilisation, il est recommandé à l'utilisateur de commencer par un trou peu profond. Après avoir fait des mesures proches de la surface, le trou peut être continué, tout en faisant des mesures à différentes profondeurs.

2) MESURE DES SOLS HETEROGENES

Habituellement, le sol comporte trois classes d'hétérogénéités bidimensionnelles. La méthode du perméamètre se base sur des mesures ponctuelles. L'épaisseur de sol sous le forage, le degré d'hétérogénéité du sol, le type de sol et le domaine d'application vont dicter le nombre de mesures nécessaires pour caractériser un domaine donné et sa profondeur.
La description d'un profil de sol et le report de son étude contribuent grandement à la compréhension et à la valorisation des renseignements fournis par le perméamètre de Guelph.
Grâce à sa simplicité et sa capacité de faire des mesures en profondeur, cet appareil est un moyen couramment utilisé pour appréhender la distribution tridimensionnelle de la transmissivité du sol.

3) FONCTIONNEMENT EXPERIMENTAL

Dans un but expérimental, le diamètre du trou et la charge hydraulique instaurée peuvent être modifiés. Les calculs sont donnés dans le paragraphe « calculs généralisés ».
Le perméamètre peut aussi être utilisé dans le domaine de la recherche concernant les effets de la viscosité sur les variations dans le sol de Kfs et pour comparer des outils de terrain.

CONSEILS EN CAS D'UTILISATION NORMALE

L'ensemble du réservoir est utilisé pour des sols de perméabilité moyenne à forte. Les sols de cette catégorie ont typiquement une certaine structuration, une texture moyenne à grossière et peu ou pas de cimentation ou de compaction. Le réservoir interne n'est utilisé seul que pour des sols peu perméables. Ce sont typiquement des sols à texture fine, non structurés et significativement compactés ou cimentés.

Il est pratique mais pas impératif, de faire les mesures de R, le taux d'écoulement d'eau, toutes les 2 minutes comme indiqué. En prenant un intervalle de temps précis, il est aisé de voir sans calculs quand R (barre), le taux d'écoulement constant, est atteint.

Pour des mesures peu profondes (moins de 30 inches = 70cm), il est recommandé de remplir le réservoir avant de placer le perméamètre dans le puits.

Cela permet à l'utilisateur de vérifier le bon fonctionnement de l'appareil et de s'assurer que l'embout d'arrivée d'air est bien appuyé contre son joint. De plus, le risque de mettre de l'eau dans le puits pendant le remplissage est réduit. Pour des mesures en profondeur, il peut être nécessaire de remplir le réservoir après avoir installé l'appareil dans le forage.

Veiller à ce que les raccords entre le tube à air, le tube support d'une part, leurs prolongateurs d'autre part soient étanches et que l'embout d'arrivée d'air soit bien appuyé contre son joint.

Se familiariser avec le montage, l'utilisation, la procédure théorique et les calculs avant d'utiliser le perméamètre sur le terrain. Cela favorise une bonne prise de mesures et l'interprétation des résultats.

Les parties souples du perméamètre, en plastique moulé, peuvent avoir un aspect collant ou désagréable. C'est cette caractéristique du plastique qui convient aux joints étanches (à l'eau et à l'air) du perméamètre. Les raccords et la vanne du perméamètre risquent de bloquer un peu lors de la première utilisation. Ensuite, ils bougeront plus facilement.

La tarière à sol fournie avec l'instrument sert pour un usage général. D'autres mèches sont spécifiques à certains emplois. La tarière à boue (modèle 231) possède un réceptacle ouvert afin d'éviter qu'elle ne se bouche et de faciliter le creusement dans un sol humide, collant. La tarière à sable, modèle 232, a été spécialement conçue pour creuser dans un sol sec, sableux, sans que le contenu du réceptacle ne retombe dans le puits. Nous contacter en cas de besoin de ces différentes tarières.

ENTRETIEN DE L'APPAREIL

Un lavage global est préconisé après chaque utilisation pur assurer la transparence des tubes plastiques et pour éviter que le perméamètre ne se bouche, se raye ou s'abîme avec des gravillons. Passer un chiffon ou rincer l'appareil pour chasser les gravillons et les particules de sol.
Vérifier surtout les petits orifices tels que l'embout de sortie d'eau, l'embout d'arrivée d'air, la bague du trépied et derrière la vanne du réservoir.
Quand cela s'avère nécessaire, faire un lavage complet du perméamètre avec du savon et de l'eau. Ensuite, rincer abondamment et essuyer.
Les différents raccords en plastique souple frottent sur les tubes. Aucune colle n'est utilisée. Les raccords peuvent être démontés en forçant dessus précautionneusement et à la main.
La vanne du réservoir se fiche dans la base de celui-ci au moyen d'un joint mécanique. Pour sortir et laver la vanne, placer ses doigts derrière la vanne, prendre appui sur la base du réservoir et tirer sèchement comme sur la figure. La vanne peut être lubrifiée avec de la graisse ou de la vaseline si elle accroche trop.
Laver régulièrement la valise de rangement afin d'éviter l'accumulation de gravillons, de débris qui pourraient abîmer les tubes en plastique transparent.

DIFFICULTES EVENTUELLES

PROLEMES	ORIGINES POSSIBLES
Forage rempli avant l'instauration d'une charge hydraulique	-Dans le réservoir, il y a trop d'air au dessus de l'eau -Orifice de remplissage mal fermé -Le tube de vidange n'est pas fermé par le collier de serrage
L'eau coule par l'embout de sortie d'eau alors que le perméamètre est fermé	-L'embout d'arrivée d'air n'est pas appuyé sur son joint
La charge hydraulique baisse en dessous de la	-Le tube à air est bouché

valeur fixée sur le tube gradué	Vérifier la rondelle de restriction d'air
La charge hydraulique dépasse celle fixée sur le tube gradué	-Il y a trop d'air au dessus de l'eau dans le réservoir -Orifice de remplissage mal fermé -Le tube de vidange n'est pas fermé par le collier de serrage
La charge hydraulique est constante mais n'est pas celle fixée sur le tube gradué	-L'embout de sortie d'eau n'est pas au fond du puits. -le témoin de charge hydraulique n'était pas appuyé sur le couvercle du réservoir avant de lever l'embout d'arrivée d'air. -le tube gradué est mal enfoncé sur le couvercle du réservoir.

THEORIE

Trois des données les plus importantes à propos de la transmission des liquides dans un sol non saturé sont la conductivité à saturation (Kfs), le potentiel hydrique (Φm) et la capacité d'absorption (S).
La conductivité hydraulique est la mesure de la capacité du sol à conduire de l'eau pour un gradient hydraulique de une unité. Kfs, ou la conductivité hydraulique de champs pour un sol saturé concerne la conductivité hydraulique à saturation d'un sol contenant de l'air emprisonné.
Kfs est plus approprié que la conductivité hydraulique à saturation réelle pour une zone de mesures non saturée car par définition, une charge hydraulique positive dans un sol non saturé ne se maintient pas suffisamment longtemps pour dissoudre l'air emprisonné.

Le potentiel hydrique Φm est la mesure de la capacité d'un sol à aspirer de l'eau grâce à la force de capillarité par unité de surface et de temps.

La capacité d'absorption S est la mesure de la capacité d'un sol à absorber un liquide mouillant. En général, plus la capacité d'absorption S est grande, plus le volume de liquide mouillant qui peut être absorbé est grand et cela plus rapidement.

Puisque le potentiel hydrique est nécessaire pour définir la capacité d'absorption, ce sont deux moyens différents de décrire le même phénomène.
La conductivité hydraulique baisse quand la succion du sol augmente. Cette relation est appelée la relation conductivité - charge hydraulique. Le perméamètre de Guelph sert à déterminer Kfs et Φm pour un sol donné. Une fois que la succion d'eau du sol est mesurée, la conductivité hydraulique pour ce sol et à cette succion peut être calculée.

-mode opératoire

Le perméamètre de Guelph est un perméamètre à charge constante fonctionnant sur le principe de Mariotte. Cette méthode consiste à mesurer le taux d'écoulement d'eau en régime constant dans un sol non saturé avec un puits cylindrique où la charge est maintenue constante.

La charge est établie et est maintenue constante en réglant le niveau de la base du tube à air au centre du perméamètre. Lorsque le niveau d'eau diminue dans le réservoir, une dépression se crée dans la zone d'air au dessus.la dépression est comblée uniquement quand les bulles d'air entrant au sommet du tube à air passent par l'embout d'arrivée d'air et remontent au sommet du réservoir. A chaque fois que le niveau d'eau dans le trou est inférieur à celui de l'embout d'arrivée d'air, des bulles sortent de l'embout et remontent jusqu'à la zone d'air dans le réservoir.

Le vide est alors partiellement comblé et de l'eau du réservoir se déverse dans le puits.
La taille de l'ouverture et la géométrie de l'embout d'arrivée d'air influent sur la taille des bulles pour éviter que le niveau d'eau dans le puits ne varie.

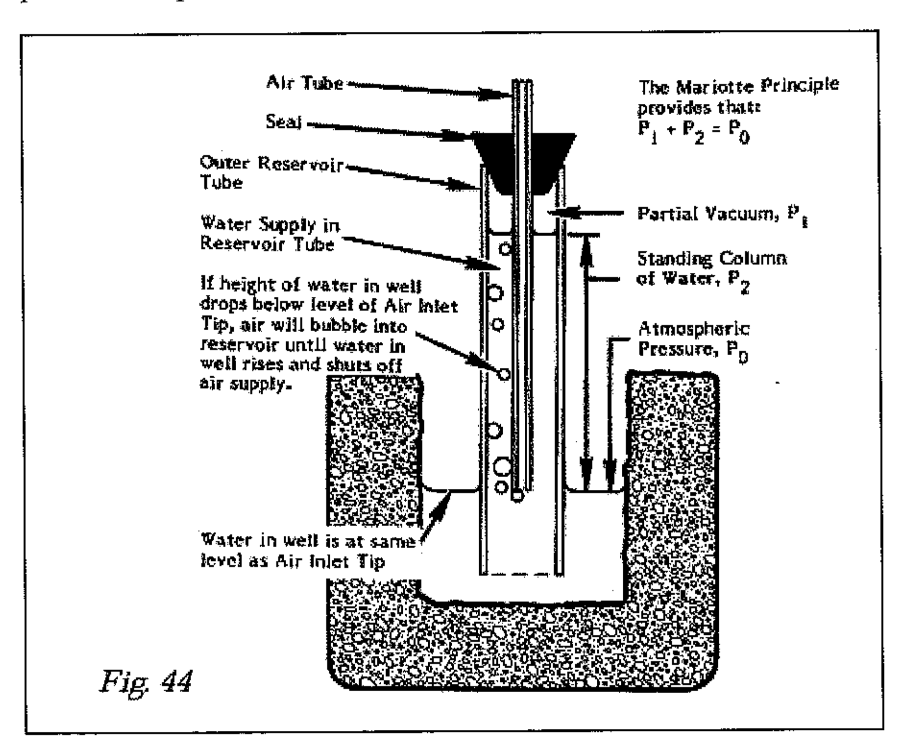
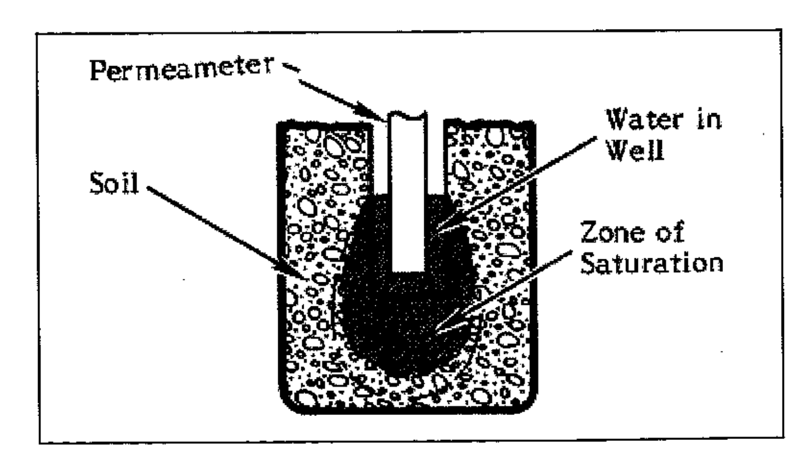


Fig. 44

Quand le perméamètre fonctionne, un équilibre s'établit. La faible pression de l'air au sommet du réservoir et celle de l'eau du réservoir au dessus de la surface de puits est toujours égale à la pression atmosphérique.
Quand une charge constante est fixée dans le puits, un bulbe de saturation de dimension spécifique s'établit assez rapidement dans le sol.
Ce bulbe est très stable et sa forme dépend du type de sol, du rayon du puits et de la charge dans le puits. La forme du bulbe est décrite numériquement par le facteur C (Reynolds et al., Groundwater Monitoring Review 6 :1 :84-95, 1986) utilisé dans le calcul.
Une fois le bulbe mis en place, l'écoulement de l'eau du puits atteint un taux constant qui peut être mesuré. Ce taux d'écoulement constant, associé au diamètre du puits et à sa charge hydraulique, peut être utilisé pour déterminer précisément la conductivité de champs à saturation, le potentiel hydrique et la capacité d'absorption du sol.



-paramètres des équations analytiques

L'analyse de Richard de la décharge en régime constant d'un puits cylindrique dans un sol non saturé telle qu'elle est mesurée avec la technique du Guelph, tient compte de toutes les forces qui contribuent à l'écoulement tridimensionnel d'eau dans le sol : la poussée hydraulique de l'eau dans le sol, la force gravitationnelle sur le liquide au fond du puits et la force capillaire du sol environnant sur l'eau du puits. L'analyse de Richard est la base des calculs utilisés pour déterminer la conductivité hydraulique et le potentiel hydrique.

CALCULS GENERALISES

FACTEUR C

Le facteur C dérive numériquement du facteur de structure qui dépend lui-même du rayon du puits (« a ») et de la charge hydraulique (« H ») dans le puits. La figure ci-dessous représente les courbes pour 3 classes de sols.

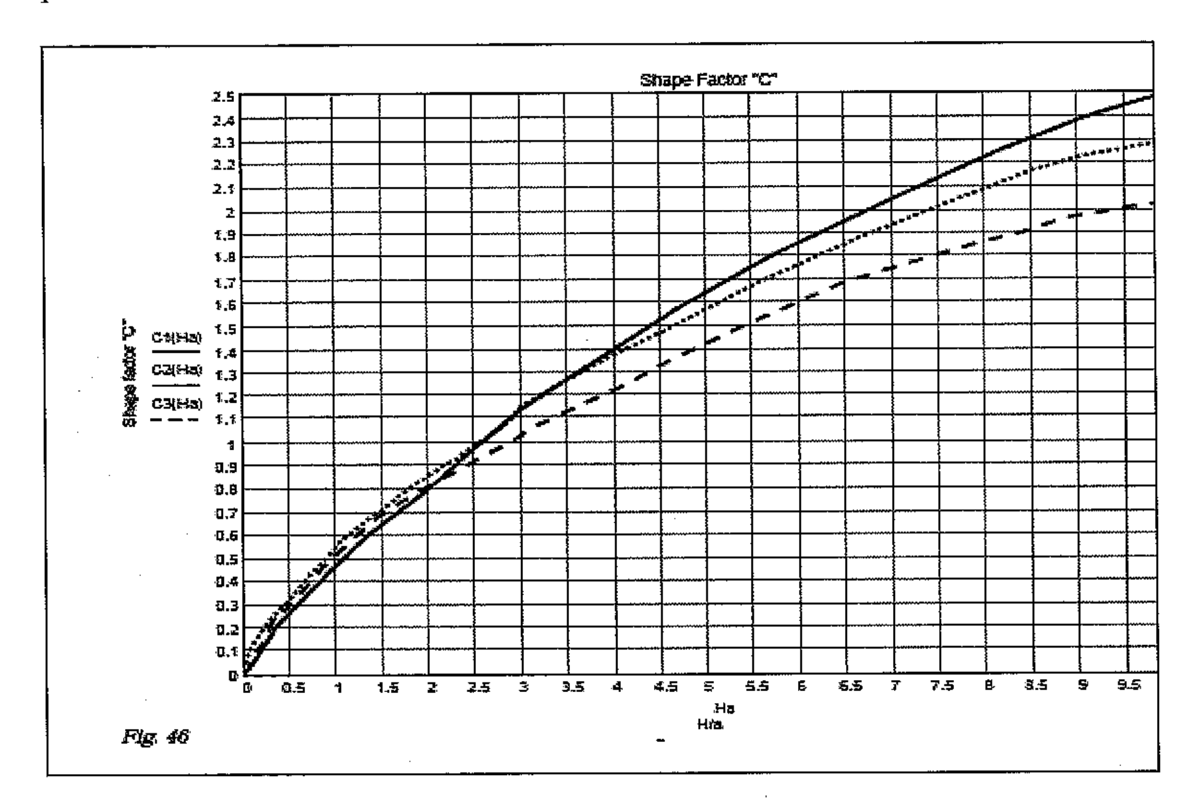


Fig. 46

Pour des utilisations du perméamètre de Guelph où le rayon du trou et la charge seraient différentes de ceux spécifiés dans la procédure standardisée, il faut faire les calculs ci-dessous :

LE COEFFICIENT DE CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE

$$K_{fs} : G_2Q_2 - G_1Q_1$$

Où :

$$G_2 = \frac{H_1C_2}{\pi [2 H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1)]} \quad (1)$$

$$G_1 = G_2 \frac{(H_2 C_1)}{(H_1 C_2)} \quad (2)$$

Et : $Q_1 = (X)(R_1)$ ou $(Y)(R_1)$ (3)

$Q_2 = (X)(R_2)$ ou $(Y)(R_2)$ (4)

Selon que l'on utilise les constantes de cellule (X) ou (Y) des réservoirs intérieur ou combiné du perméamètre de Guelph.

LE POTENTIEL HYDRIQUE

$$\phi m = J_1Q_1 - J_2Q_2$$

Où :

$$J_1 = \frac{(2 H_2^2 + a^2 C_2) C_1}{2\pi [2 H_1 H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 C_2 - H_2 C_1)]}$$

$$J_2 = J_1 \frac{[(2 H_1^2 + a^2 C_1) C_2]}{[(2 H_2^2 + a^2 C_2) C_1]}$$

Les coefficients C_1, C_2, H_1, H_2 sont tous définis dans le glossaire en page suivante.

NB : pour plus de détails, voir le manuel original.

Catégories des textures des sols pour l'estimation de terrain de alpha (adapté de Elrick et al, 1989)

Soil Texture - Structure Category	α^* (cm^{-1})
Compacted, structureless, clayey or silty materials such as landfill caps and liners, lacustrine or marine sediments, etc.	0.01
Soils which are both fine textured (clayey or silty) and unstructured; may also include some fine sands.	0.04
Most structured soils from clays through loams; also includes unstructured medium and fine sands. The category most frequently applicable for agricultural soils.	0.12
Coarse and gravelly sands; may also include some highly structured soils with large and/or numerous cracks, macropores, etc.	0.36

BIBLIOGRAPHIE

Pour plus de renseignements théoriques à propos de l'utilisation du perméamètre de Guelph, il est recommandé de consulter les articles suivants :

- Groundwater Monitoring Review, volume 6, N°1, printemps 1986, pp84 -95
- Soil Science, volume 140, N°4, 1985, pp292-302.

Voir aussi les autres références dans le manuel original..

GLOSSAIRE

a :	rayon du puits en centimètres
C :	facteur de proportionnalité dépendant principalement du rapport H/a
C1, C2 :	facteurs C correspondant respectivement à H1/a et à H2/a
GP :	perméamètre de Guelph
H1, H2 :	charges hydrauliques dans le puits respectivement pour la première et la deuxième série de mesures
K :	conductivité hydraulique, en cm/sec
Kfs :	conductivité hydraulique de champs à saturation
K(φ) :	rapport (conductivité hydraulique/charge hydraulique), pour un écoulement en zone non saturée
R :	taux d'écoulement d'eau dans le réservoir, en cm/min
R (barre) :	taux d'écoulement en régime permanent
R1, R2 (barre) :	taux d'écoulement en régime permanent correspondant respectivement à H1 et à H2, convertis en cm/sec
S :	capacité d'absorption, en $cm/s^{1/2}$
α :	paramètre alpha, pente de la courbe du logarithme népérien de K, en fonction de Q la succion du sol, en cm-1.
θi :	volume d'eau initial contenu dans le sol, en $cm^3.cm^{-3}$
θfs :	volume d'eau au champs à saturation (présence d'air emprisonné) en $cm^3.cm^{-3}$
Δθ :	θfs- θi : différence entre les teneurs en eau volumiques de champs à saturation et initiale du sol, en $cm^3.cm^{-3}$
Φm :	potentiel hydrique, en cm^2/s
φ :	succion d'eau par le sol, mesurée en cm d'eau.
X :	constante caractéristique de l'ensemble du réservoir et correspondant à sa section en cm^2
Y :	constante caractéristique du réservoir interne seul, en cm^2

PRESENTATION DES MESURES ET EXEMPLE DE CALCUL

EXEMPLE DE CALCUL DE LA PERMEABILITE D'UN SABLE AVEC L'APPAREIL DE GUELPH

1 Il faut choisir les dimensions du forage dans lequel va être effectué l'essai ainsi que les hauteurs de charge appliquées.

Soit ici : un trou de 60mm de diamètre (a = 3cm) et des hauteurs H1 et H2 de 5 et 10 cm de charge constante.

2 A l'aide des courbes donnant le facteur "C" en fonction de ces dimensions d'essai (H1/a et H2/a), on détermine les coefficients C1 et C2. (voir courbe ci après)

Soit ici :H1 = 5cm, C1 = 0.85
Et H2 = 10cm, C2 = 1.3

3 Il faut calculer G1 et G2 :

Soit : G2 d'après (1) = 0.0042947 (cm^{-2})

Et : G1 d'après (2) = 0.0056161 (cm^{-2})

4 Il faut effectuer les mesures pour trouver R1 et R2.
Soit ici : Avec l'exemple de mesure donné dans ce manuel, on trouve les deux débits constants suivants : R1 = 0.005 cm/s
et R2 = .00083 cm/s
Réservoir de mesure X = 35.39 cm^2

5 On peut alors calculer la conductivité hydraulique de notre sol.
Soit ici pour notre sable :

$Q_1 = (X)(R_1) = 35.39 \text{ x } 0.005 = 0.17695 \text{ cm}^3/\text{s}$

$Q_2 = (X)(R_2) = 35.39 \text{ x } 0.0083 = 0.293737 \text{ cm}^3/\text{s}$

D'où :

K_{fs} : $G_2Q_2 - G_1Q_1 = 2.678\ 10^{-4}$ cm/sec

Ceci correspond à l'exemple donné pour lequel on donnait **Kfs = 2.5 10^{-4} cm/sec.**

PERMEAMETRE DE GUELPH

FEUILLE D'ESSAIS

1. INFORMATIONS SUR LE SITE

Date : Opérateur :

Lieu :

Type de sol dominant :

Cartographie du site :

Coupe pédologique, horizons, textures, couleurs..

profondeurs

Remarques relatives à la coupe pédologique :

Commentaires sur la topographie, la végétation etc :

PERMEAMETRE DE GUELPH

FEUILLE D'ESSAIS

2. PROCEDURE CONVENTIONNELLE D'ESSAI

Date : Opérateur :

Profondeur d'essai :

Constante du réservoir :

_combinés : X cm^2

_intérieur : Y cm^2

Enregistrement à H1=5cm

N° lecture	Temps (t)	Intervalle (dt)	Hauteur d'eau (h)	Intervalle (dh)	Débit R1 (dh/dt)

Enregistrement à H2=10cm

N° lecture	Temps (t)	Intervalle (dt)	Hauteur d'eau (h)	Intervalle (dh)	Débit R2 (dh/dt)

PERMEAMETRE DE GUELPH

FEUILLE D'ESSAIS

3. CALCUL DE LA CONDUCTIVITE HYDRAULIQUE

NB: Rm : valeur de débit constant (3 mesures successives de R identiques)

A partir de la première série de mesures (H1= 5cm) :

R1m= ____________________________ cm/sec

A partir de la deuxième série de mesures (H2= 10cm) :

R2m= ____________________________ cm/sec

Conductivité hydraulique : **K**

K= [(0,0041) (x ou Y) (R2m)] - [(0,0054) (x ou Y) (R1m)] = ____cm / sec____

K exp = [(0,0041) ( ) ( )] - [(0,0054) ( ) ( )] = cm/sec